

Stůl pro páskování aerosolových nádobek

Strapping Table for Aerosol Cans

STUDENT:

Bc. David Režňák

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Režňák**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: Stůl pro páskování aerosolových nádobek
Strapping Table for Aerosol Cans
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukční řešení stolu pro páskování aerosolových nádobek. Stůl musí být schopen polohování v rozsahu 400 mm. Rychlost posuvu stolu volte 50 mm.s⁻¹. Navrhněte přesun lahviček z dopravníku na páskovací stůl pomocí trnové desky. Součástí stolu je i přiváděcí dopravník lahviček. Šířka dopravníku dle požadavků, nosnost 20 kg, rychlost 120 mm.s⁻¹.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh stolu pro páskování aerosolových nádobek včetně přiváděcího dopravníku.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. 2D výkresovou dokumentaci vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
NĚMČEK, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Literární rešerše zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015
Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. David Režňák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Boršice u Blatnice 171
68763

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Režňák, D. *Stůl pro páskování aerosolových nádobek: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 57 s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Diplomová práce se zabývá návrhem stolu pro automatické páskování aerosolových nádobek. Tento stůl by měl mít dvě využití. První by mělo přispět k zvýšení produkce na nových výrobních linkách. Druhé využití bude na starších linkách, které ještě nemají zabudovaný páskovací stroj. Cílem této práce je zkonstruovat universální páskovací stůl, který by měl být použit jako samostatné pracoviště s dopravníky nebo připojen k strašící lince, která nemá páskovací stroj.

ANNOTATION OF MASTER'S THESIS

Režňák, D. *Strapping Table for aerosol cans: Master thesis*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 57 p Supervisor: Učeň, O.

The master thesis describes the design table for automatic strapping of aerosol cans. This table should have two uses. The first should contribute to increasing production of new production lines. The second will use on older lines that have not yet built strapping machine. The aim of this work is to construct a universal strapping table, which should be used as a standalone workstation or conveyors connected to the strapping line that does not strapping machine.

Obsah

1. Úvod	11
2. Páskování	12
2.1. Druhy vázacích pásků	12
2.2. Druhy spojů pásek	15
3. Rozdělení páskovacích strojů	17
3.1. Ruční páskovací stroje	17
3.2. Poloautomatické páskovací stroje.....	18
3.3. Automatické páskovací stroje.....	19
3.4. Průchozí automaty	19
3.5. Stroje určené k páskování palet	20
3.6. Speciální páskovací stroje.....	21
4. Stůl pro páskování aerosolových nádobek	22
4.1. Požadavky na stůl	22
4.2. Návrh rámu pro páskovací stroj.....	23
4.3. Návrh polohovacího systému.....	24
4.4. Návrh pohyblivého stolu páskovacího stroje.....	28
4.5. Návrh odsunutí na další stůl	35
4.6. Sundání nádobek z trnové desky	36
4.7. Návrh dopravníkového stolu.....	41
5. Postup při páskování aerosolových nádobek	50
6. Cenová nabídka stolu pro páskování aerosolových nádobek	51
7. Závěr	52
8. Přílohy	54
9. Zdroje	55

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
a_n	Součinitel procenta přídatku na třecí sílu	[m]
a_p	Délka palety	[m]
a_{pas}	Délka pásu	[m]
a_{pas2}	Délka pásu	[m]
b_p	Šířka palety	[m]
b_{pas}	Šířka pásu	[m]
C_0	Statická únosnost vozíku	[N]
C_{dyn}	Dynamická únosnost vozíku	[N]
D_b	Průměr bubnu dopravníku	[m]
D_p	Průměr pneumomotoru	[m]
D_{p1}	Průměr pístu	[m]
d_{p1}	Průměr pístnice	[m]
d_s	Průměr šroubu	[m]
d_{sk}	Skutečný průměr šroubu	[m]
D_v	Průměr řemenice víceosého systému	[m]
E_p	Modul pružnosti oceli	[Pa]
E_v	Modul pružnosti materiálu vedení	[N/m]
F_1	Síla působící na víceosý systém	[N]
F_{10}	Obvodová síla na hnacím bubnu	[N]
F_2	Síla působící při zdvihu	[N]
F_3	Síla působící na první vozík	[N]
F_4	Síla působící na druhý vozík	[N]
F_5	Potřebná síla k odsunutí nádobek	[N]
F_6	Potřebná síla k sundání nádobek	[N]
F_7	Síla potřebná k překonání pohybových odporů	[N]
F_8	Obvodová síla na hnacím bubnu	[N]
F_9	Síla potřebná k překonání pohybových odporů	[N]
F_b	Odpor pásu v ohybu na bubnu	[N]
f_d	Koeficient tření mezi nádobkami a deskou	[-]
F_{kr}	Kritická síla pneumomotoru	[N]
F_{krdov}	Přípustná kritická síla pneumomotoru	[N]
F_n	Odpor setrvačných sil při nakládání	[N]
f_p	Koeficient tření pásu a desky pod pásem	[1]

F_{pr}	Přídavné a vedlejší odpory dopravníku	[N]
f_t	Koeficient tření mezi nádobkou a trnem	[1]
F_{usk}	Skutečná síla pneumotoru při vysouvání	[N]
F_z	Teoretická obvodová síla	[N]
F_z	Teoretická obvodová síla	[N]
g	Tíhové zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
h_1	Výška zdvihu	[m]
h_2	Výška působení od vozíku síly	[m]
i_{p1}	Převodový poměr víceosého systému	[1]
i_{p2}	Převodový poměr zdvižné převodovky	[1]
i_{p3}	Převodový poměr dopravníku	[1]
J_1	Moment setrvačnosti víceosého systému	$[mm^4]$
J_2	Moment setrvačnosti zdvižné převodovky	$[mm^4]$
J_3	Moment setrvačnosti pístu	$[mm^4]$
k	Počet nádobek na jednom patře palety	[ks]
k_b	Počet nepoháněných bubnů	[N]
L_1	Délka vedení osy X	[m]
L_2	Délka pístnice	[m]
L_n	Nominální životnost ložiskového domku	[m]
l_{red}	Redukovaná délka pístnice	[m]
m_1	Hmotnost neseného břemene víceosého systému	[kg]
m_{1n}	Hmotnost jedné nádobky	[kg]
m_2	Nosnost zdvižné převodovky	[kg]
m_3	Hmotnost opáskovaných nádobek	[kg]
m_4	Hmotnost nádobek a sundavací desky	[kg]
M_G	Potřebný krouticí moment motoru víceosého systému	$[N \cdot m]$
M_{GZ}	Potřebný krouticí moment motoru zdvižné převodovky	$[N \cdot m]$
M_1	Moment víceosého systému	$[N \cdot m]$
M_{m1}	Potřebný krouticí moment jednoho motoru	$[N \cdot m]$
M_{m2}	Krouticí moment motoru šnekové převodovky	$[N \cdot m]$
m_n	Hmotnost nádobek na jednom patře	[kg]
m_p	Měrná hmotnost jednoho metru pásu	$[m/kg^2]$
M_p	Potřebný krouticí moment motoru šnekové převodovky	$[N \cdot m]$
m_{pa}	Hmotnost jednoho metru pásu	$[m/kg^2]$

m_{pa}	Hmotnost jednoho metru pásu	$[m/kg^2]$
M_R	Potřebný krouticí moment motoru zdvižné převodovky s bezpečností	$[N \cdot m]$
M_{sv}	Skutečný krouticí moment víceosého systému	$[N \cdot m]$
M_{z1}	Moment zdvižné převodovky	$[N \cdot m]$
n_m	Zvolené otáčky motoru	$[ot/min]$
n_{mp}	Otáčky motoru dopravníku	$[ot/min]$
n_{p1}	Potřebné otáčky motoru pro víceosí systém	$[ot/min]$
n_{p2}	Potřebné otáčky motoru zdvižné převodovky	$[ot/min]$
O	Obvod řemenice	$[mm]$
P_1	Přetlak	$[Pa]$
P_{1abs}	Absolutní tlak	$[Pa]$
P_{bar}	Barometrický tlak	$[Pa]$
P_h	Stoupání závitu kuličkového šroubu	$[mm]$
P_{m1}	Potřebný výkon motoru víceosého systému	$[W]$
P_{m2}	Potřebný výkon motoru zdvižné převodovky	$[W]$
P_{pas}	Potřebný výkon motoru dopravníku	$[W]$
P_{z1}	Výkon zvoleného motoru	$[W]$
q	Hmotnost nádobek na jednom metru	$[kg]$
s_1	Vzdálenost působení síly	$[m]$
S_1	Obsah pneumotoru	$[m^2]$
sf_1	Bezpečnostní koeficient	$[1]$
sf_2	Bezpečnostní koeficient	$[1]$
sf_3	Bezpečnostní koeficient	$[1]$
sf_4	Koeficient bezpečnosti vozíku	$[1]$
S_n	Obsah podstavy nádoby	$[m^2]$
S_p	Obsah plochy palety	$[m^2]$
t_p	Tloušťka pásu	$[m]$
u	Průhyb vedení	$[m]$
v_0	Počáteční rychlost dopravníku	$[m/s]$
v_1	Rychlost posuvu víceosého systému	$[m/s]$
V_1	Objem vzduchu při vysouvání pístnice	$[m^3]$
v_2	Rychlost zdvihu	$[m/s]$
V_2	Objem vzduchu při zasouvání pístnice	$[m^3]$

v_3	Skutečná rychlost zdvižné převodovky	[m/s]
v_4	Rychlost dopravníku	[m/s]
V_c	Objem vzduchu na jeden cyklus	[m ³]
V_{Nc}	Celkový objem vzduchu na jeden cyklus	[m ³]
η_{gea}	Účinnost převodovky	[1]
η_{ps}	Účinnost šnekové převodovky	[1]
η_{screw}	Účinnost kuličkového šroubu	[1]
η_t	Teoretická účinnost	[1]
π	Ludolfovo číslo	[1]

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá konstrukcí a návrhem páskovacího stolu na aerosolové nádoby. Práce byla vytvořena ve spolupráci s firmou, která vyrábí aerosolové lahvičky. Úkolem práce bylo vytvořit universální páskovací stůl, který lze využít na více pracovištích. Na nových linkách jsou páskovací stroje již zabudovány. V hotových zapáskovaných tvarech se někdy nachází i špatné nádoby. Když se tyto nádoby odstraní, celý tvar se rozpadne a nelze ho navrátit zpět. Aby se nemusela celá linka na výrobu nádobek zastavovat, bude vytvořen automatický páskovací stůl s dopravníky. Další využití bude na starších linkách, kde nejsou páskovací stroje ještě zabudovány. Tento stůl se připojí k lince a bude fungovat s linkou v automatickém režimu.

2. Páskování

Páskování, stahování neboli vázání je druh fixace produktů do kompaktních celků pomocí vázací pásky. Při páskování je produkt obepnut vázací páskou nebo šňůrou, která je utažena a spojena - tím je vytvořen fixující úvazek. Míra fixace je určena materiálem vázacího pásky, počtem a silou utahení úvazků a způsobem aplikace. Vázání páskou je spolehlivá fixace zboží pro manipulaci a transport s minimálními náklady na spotřební materiál. Páskování lze využít nejen jako vázání či stahování zboží, ale také jako bezpečnostní prvek (plomba) poštovní zásilky.

2.1.Druhy vázacích pásek

Na každý výrobek je zapotřebí jiný druh pásky. Vázací pásky se volí podle tvaru a druhu páskovaného výrobku.

Polypropylenové (PP) vázací pásky

Vhodný pro automatické páskovací stroje i pro ruční páskovací stroje. Spoj je možno provést tepelným svárem, plechovou sponou, drátěnou sponou nebo umělohmotnou sponou. Dobře se přizpůsobují tvaru páskovaného předmětu. Je ekologicky nezávadný a plně recyklovatelný. Zvyšuje produktivitu práce a má malou hmotnost.



Obr. 1 Polypropylenová (PP) vázací páska [15]

Polyethylentereftalátové (PET) vázací pásy

Poskytuje široké možnosti aplikace od jednoduchého řešení pomocí spon, až po kapacitní páskování svárem. Udrží dlouhodobé konstantní napětí úvazku a zajišťuje tak bezpečnost zboží zejména při transportu. Jeho další výhodou je odolnost proti korozi, UV záření a proti teplotním změnám. Je vysoce rezistentní a poskytuje řešení pro veškerý průmysl, stavebnictví, zemědělství a další. V porovnání s ocelovým páskem je výrazně levnější, bezpečnější a lépe se s ním manipuluje. Umožňuje absorbovat otřesy během manipulace, nebo přepravy a je plně recyklovatelný.



Obr. 2 Polyethylentereftalátová (PET) vázací páska [17]

Polyesterové PES pásy

Jsou velmi odolné a mají vysokou pevnost. PES pásy nepodléhají korozi. Mají nižší hmotnost, oproti ocelové pásce. Přizpůsobují se páskovanému předmětu.



Obr. 3 Polyesterové PES pásy [18]

Papírové pásky

Papírové pásky oproti foliovým mají nižší pevnost, ale lépe se odstraňují ze zapáskovaného zboží. Pásky jsou velmi šetrné k páskovanému zboží a zároveň zabezpečují kvalitní a pevné zabalení. Lze je potisknout logem, čárovým kódem, případně dalšími informacemi. Papírové pásky jsou vhodné pro styk s potravinami.



Obr. 4 Papírové pásky [19]

Foliové pásky

Foliové pásky mají vyšší pevnost než papírové, ale zároveň se hůře odstraňují ze zapáskovaného zboží. Pásky jsou velmi šetrné k páskovaným předmětům a zároveň zabezpečují kvalitní a pevné zabalení. Lze je potisknout logem, čárovým kódem, případně dalšími informacemi. Potištěné foliové pásky vypadají atraktivněji v porovnání s papírovými.



Obr. 5 Foliové pásky [20]

Ocelové pásky

Jsou vhodné pro mechanické, ruční i pneumatické strojky. Mají vysokou pevnost. Spoje je možno provést průstřihem nebo plechovou sponou.



Obr. 6 Ocelové pásky [21]

2.2.Druhy spojů pásek

Existuje několik možností, jak spojit vázací pásku. Správně zvolený způsob spoje se odvíjí od typu vázací pásky.

Svár

Spojení vázací pásky pomocí sváru může být provedeno několika způsoby:

- ultrazvukovým svárem,
- tepelným svárem,
- frikčním svárem (třením).



Obr. 7 Svár pásku [16]

Spona

Ke každému typu vázací pásky a páskovače náleží příslušný druh vázací spony. Správný výběr spony závisí na druhu páskovaného zboží. Spony rozdělujeme do dvou základních kategorií pro plastové nebo ocelové pásky. Druhy spon jsou :

- ocelové,
- drátěné,
- plastové.



Obr. 8 Spona ocelová [16]



Obr. 9 Spona drátěná [16]



Obr. 10 Spona plastová [23]

Průstřih

Spojení průstřihem se používá ke spojení ocelové pásky při ručním páskování. Pomocí napínáku se vytvoří napětí, poté je páska průstřihem spojena a následně odstřižena.



Obr. 11 Spoj průstřihem [14]

3. Rozdělení páskovacích strojů

Páskovací technikou se rozumí páskovací zařízení či stroj, také často označovaný jako páskováčka, vazačka, ráfovačka, nebo méně známým názvem buntovačka. Tyto stroje fixují zboží různými typy vázacích pásek. Páskovací stroje se rozdělují na:

- ruční páskovací stroje,
- poloautomatické páskovací stroje,
- automatické páskovací stroje,
- průchozí automaty,
- stroje určené k páskování palet,
- speciální páskovací stroje.

3.1. Ruční páskovací stroje

➤ Mechanické

Mechanické ruční páskovače pracují s polypropylenovou vázací páskou, k jejímuž spojení je zapotřebí spony. Při použití ocelové pásky je spoj vytvořen průstřihem.



Obr. 12 Ruční páskovačka na plastové pásky [12]



Obr. 13 Ruční páskovačka na ocelové pásky [13]

➤ Akumulátorové

Výhodou použití akumulátorového páskovače je možnost spojení pásu pomocí frikčního sváru, tedy tzv. bezesponkové spojení. Tyto páskovače jsou pohodlnější a je s nimi snazší manipulace.



Obr. 14 Akumulátorová páskovačka [36]

3.2. Poloautomatické páskovací stroje

Poloautomatické páskovací stroje jsou vhodné do méně náročných provozů. Jejich činnost vyžaduje práci obsluhy, která nasune vázací pásek do šterbiny stroje, čímž se spustí proces páskování. Tyto stroje jsou vybaveny kolečky pro snadnější manipulaci.



Obr. 15 Poloautomatická páskovací stroj [35]

3.3. Automatické páskovací stroje

Automatické páskovací stroje jsou opatřeny rámem (obvaděčem), kterým je vedená páska. Tento typ stroje pracuje s polypropylenovou (PP) nebo polyethylentereftalátovou (PET) páskou a je vhodný i do náročnějších provozů.

Stroje umožňují plynulou regulaci utahovací síly pomocí potenciometru. Pro páskování citlivých předmětů, které mohou být běžným zapáskováním deformovány, se používají speciální páskovací stroje, jenž páskují pomocí papírového nebo foliového pásu.



Obr. 16 Automatický páskovací stroj [34]

3.4. Průchozí automaty

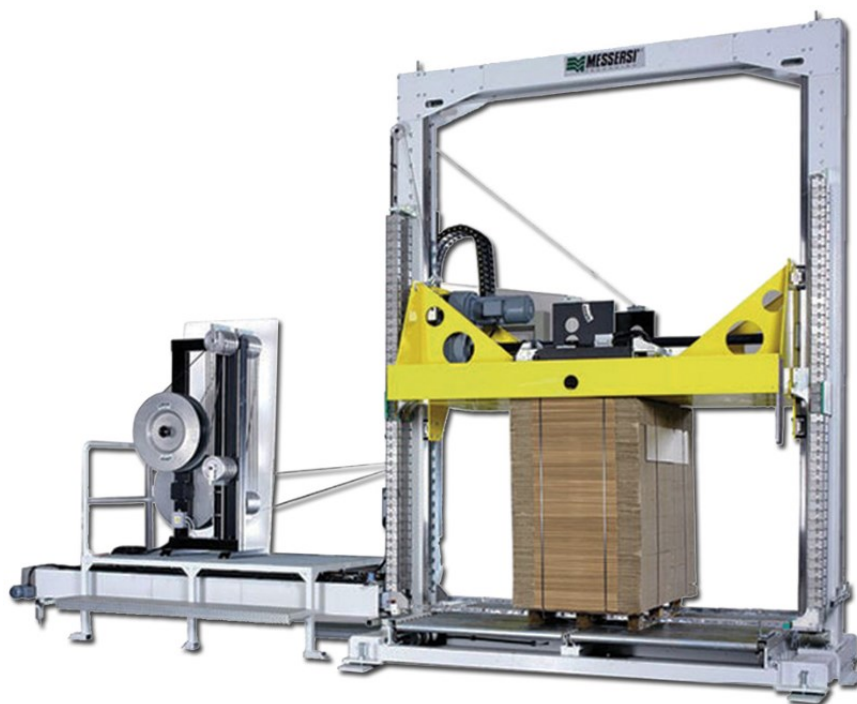
Průchozí automaty jsou opatřeny hnanými válečky, které jsou vsazeny do pracovní plochy. Díky těmto válečkům a pomocí fotočidla se spustí úvazek. Proto automaty mohou pracovat bez lidské obsluhy. Výhodou průchozích automatů je možnost napojení na dopravníky a následného umístění do plně automatické linky.



Obr. 17 Průchozí automatický páskovací stroj [33]

3.5. Stroje určené k páskování palet

K páskování zboží na paletě je možno použít ruční napínák či páskovací stroj, ovšem pro objemnější zboží nebo časté páskování je vhodnější využít speciální automatické páskovací stroje určené k páskování palet. Stroje jsou vyráběny buď pro horizontální páskování, nebo vertikální. Tyto stroje lze vybavit např. přitlakem, který urovná zboží na paletu, i dalším příslušenstvím, dle typu stroje.



Obr. 18 automatický stroj na páskování palet [32]

3.6. Speciální páskovací stroje

Tyto stroje jsou speciálně vyvinuty pro určité odvětví průmyslu a přizpůsobeny potřebám daného oboru např. nerezová úprava stroje - pro potravinářský průmysl.



Obr. 18 Speciální páskovací stroj [31]

4. Stůl pro páskování aerosolových nádobek

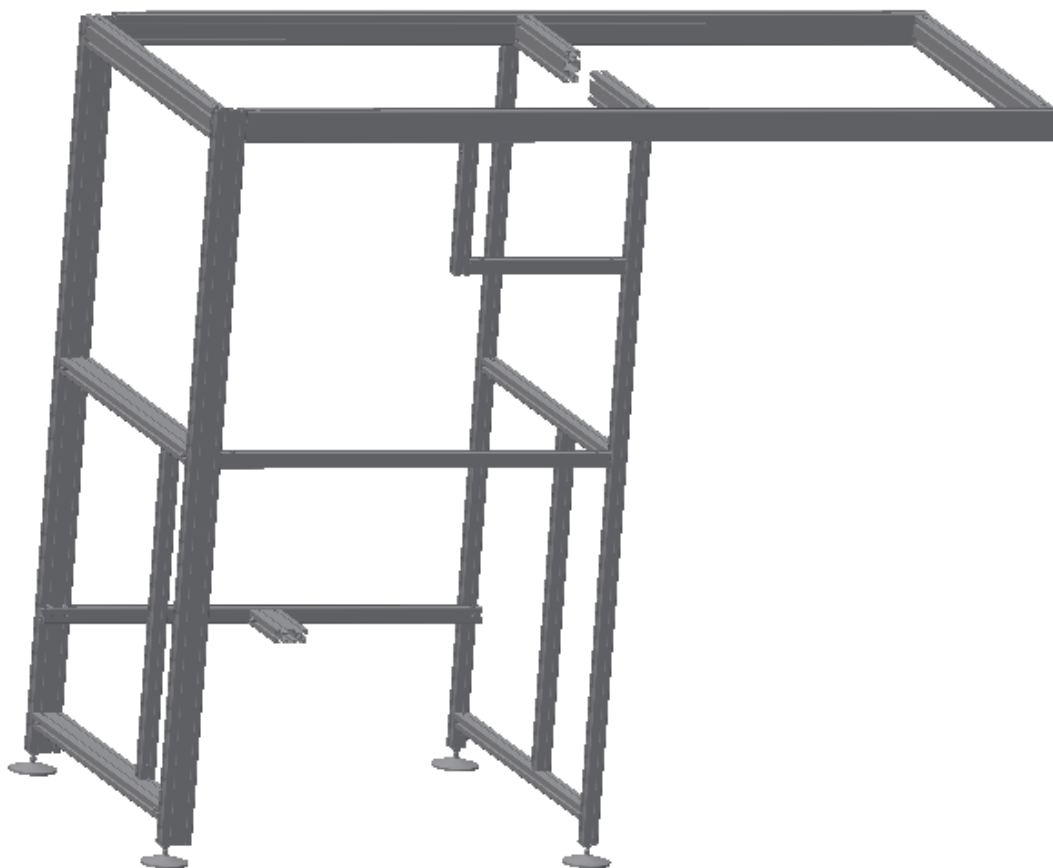
Tento stůl se bude skládat ze dvou částí. V první části stroje se nádoby dají na dopravník a pak se seřadí do požadovaného tvaru. Druhá část stroje nám přenese seřazené nádoby na páskovací stůl a nádoby se opáskují. Poté se položí na stůl pod páskovacím strojem a pak se odsunou na další pracoviště. Tento cyklus se bude nadále opakovat.

4.1. Požadavky na stůl

- Pásový dopravník, na který se budou přenášet nádoby z palety.
- Nádoby se budou automaticky skládat do zvoleného tvaru.
- Přenos nádobek na páskovací stůl.
- Nastavitelná výška opáskování.
- Automatické odsunutí opáskovaných nádobek.
- Stůl s dopravníky bude oddělitelný od páskovacího stroje.
- Snadná manipulace se strojem a dopravníky.
- Páskovací stůl může být využit na starší lince při výrobě nádobek.
- Stroj bude poloautomatický.

4.2. Návrh rámu pro páskovací stroj

Při návrhu rámu jsem si zvolil hliníkové profily od firmy Maytec. Vnitřní rozměr základny bude 1000 x 1000 mm. Výška rámu 1800 mm. Ve vrchní části rámu bude zhotoven převis přes základnu o délce 1100 mm. Na vrchní části se upevní víceosý polohovací systém, který má pohyb v ose X a ose Z. Pod páskovacím zařízením se bude nacházet nastavitelný stůl. Pohyb stolu je pouze v ose Z. Stůl bude uchycen v lineárním vedení a pohyb zajistí zdvižná převodovka. Opáskované nádoby odsune teleskopický válec. Nádoby se odsunou na další dopravník, nebo na stůl. K rámu se přidělají kolečka, pro snadnou manipulaci se strojem



Obr. 19 Rám stroje

4.3.Návrh polohovacího systému

Při návrhu polohovacího systému jsem vycházel z následujících požadavků. Polohovací systém se bude pohybovat ve dvou směrech, horizontálním a vertikálním. Nosnost systému je stanovena na 35 kg. Rameno musí sjíždět do výšky 720 mm od země a posun ramene v horizontálním směru o délce 1835 mm. Rychlost posuvu byla stanovena na 0.8m/s. Všechny posuvy musí být nastavitelné do různých pozic.

Výpočet víceosého systému

Vybral jsem si víceosý systém ELZI od firmy Bahr Modultechnik



Obr. 20 Víceosí systém ELZI [22]

Síla působící na víceosý systém ELZI ($m_1=70\text{kg}$, $g=9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

$$F_1 = m_1 \cdot g$$

$$F_1 = 70 \cdot 9.81$$

$$F_1 = \underline{687 \text{ N}}$$

m_1 - hmotnost neseného břemene víceosého systému [kg]

g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

Kvůli velké délce a velkému zatížení volím jednotku ELZI 60 podle katalogu Bahr Modultechnik

Průhyb vedení ($L_1 = 1835$ mm, $E_v = 70000$ N/mm, $J_1 = 24.3 \times 10^5$ mm⁴)

$$u = \frac{F_1 \cdot L_1^3}{E_v \cdot J_1 \cdot 192}$$

$$u = \frac{687 \cdot 1835^3}{70000 \cdot 2430000 \cdot 192}$$

$$u = 0.12 \text{ mm}$$

L_1 – délka vedení osy X [mm]

E_v – modul pružnosti materiálu vedení [N/mm]

J_1 – moment setrvačnosti víceosého systému [mm⁴]

Obvod řemenice víceosého systému ($D_v = 90$ mm)

$$O = \pi \cdot D_v$$

$$O = \pi \cdot 90$$

$$O = \underline{\underline{282,7 \text{ mm}}}$$

π - Ludolfovo číslo

D_v - průměr řemenice víceosého systému [mm]

Potřebný krouticí moment motoru víceosého systému ($sf_1 = 2$ [1], $M_l = 2,2$ N · m)

$$M_G = \frac{F_1 \cdot O \cdot sf_1}{2000 \cdot \pi} + M_l$$

$$M_G = \frac{687 \cdot (287.7) \cdot 2}{2000 \cdot \pi} + 2,2$$

$$M_G = \underline{\underline{64 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

sf_1 – bezpečnostní koeficient [1]

M_l – moment víceosého systému [N · m]

Potřebný kroutící moment jednoho motoru

$$M_{1m} = \frac{M_G}{2}$$

$$M_{1m} = \frac{64}{2}$$

$$M_{1m} = \underline{\underline{27 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Potřebné otáčky motoru pro víceosý systém ($v_1=0.8 \text{ m/s}$)

$$n_{p1} = \frac{60 * v_1}{\pi \cdot \frac{D_v}{1000}}$$

$$n_{p1} = \frac{60 * 0.8}{\pi \cdot \frac{90}{1000}}$$

$$n_{p1} = \underline{\underline{170 \text{ ot/min}}}$$

v_1 - rychlost posuvu víceosého systému [m/s]

Převodový poměr víceosého systému ($n_m=3000 \text{ ot/min}$)

$$i_{p1} = \frac{n_m}{n_{p1}}$$

$$i_{p1} = \frac{3000}{170}$$

$$i_{p1} = \underline{\underline{17,6 [1]}}$$

n_m – zvolené otáčky motoru [ot/min]

Volím planetovou převodovku Apex AE 70 s převodovým poměrem $i=15 [1]$



Obr. 21 Planetová převodovka Apex [27]

Skutečný krouticí moment víceosého systému

$$M_{sv} = \frac{M_{1m}}{i_{p1}}$$

$$M_{sv} = \frac{27}{15}$$

$$M_{sv} = \underline{1,8 \text{ N}\cdot\text{m}}$$

Potřebný výkon motoru víceosého systému

$$P_{m1} = \frac{\frac{M_{1m}}{i_{p1}} \cdot n_m}{9550}$$

$$P_{m1} = \frac{\frac{27}{15} \cdot 3000}{9550}$$

$$P_{m1} = \underline{0,56 \text{ kW}}$$

Volím servomotor Kollmorgen AKM32E o výkonu 0,69 kW a krouticím momentu $1,87 \text{ N} \cdot \text{m}$.



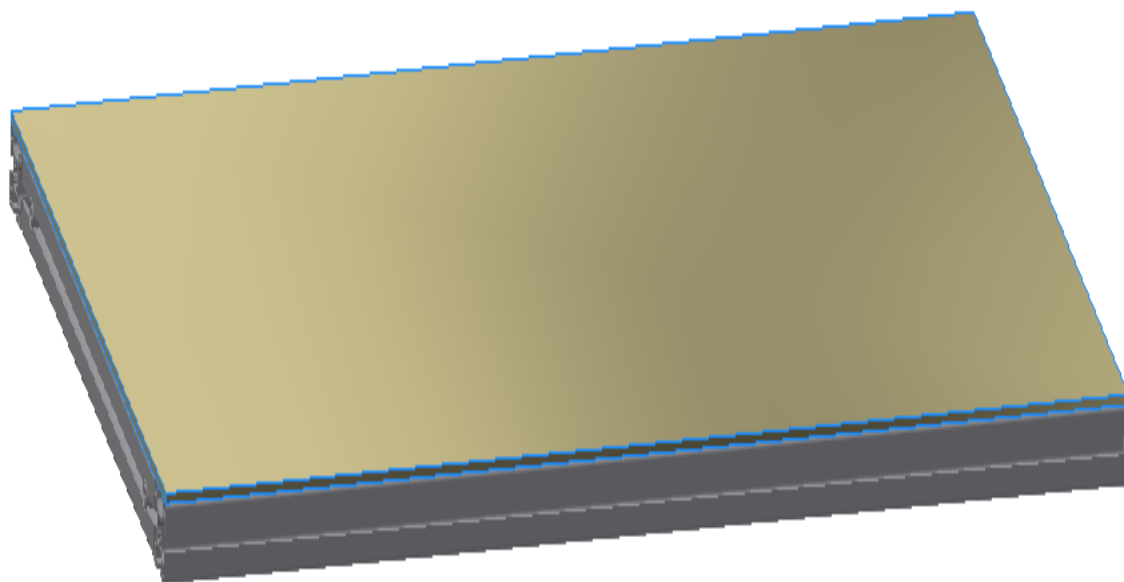
Obr. 22 Servomotor Kollmorgen [24]

4.4. Návrh pohyblivého stolu páskovacího stroje

Při návrhu pohyblivého stolu jsem vycházel z těchto požadavků. Stůl, se bude pohybovat ve vertikálním směru. Nosnost stolu bude 50 kg, zdvih stolu 407mm. Rychlost pohybu stolu $v_2=0.6$ m/s.

Pohyblivý stůl

Na rám pohyblivého stolu jsem použil hliníkové profily 40x40 mm od firmy Maytec. Na vrchní část rámu jsem umístil plech pro odkládání nádobek. Rozměry stolu budou 940x550mm.

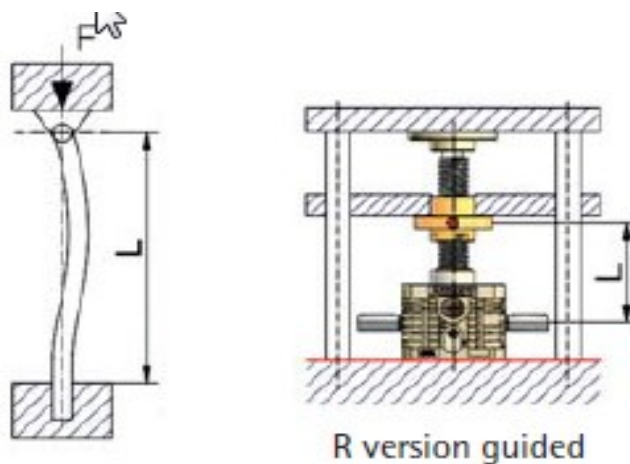


Obr. 23 Pohyblivý stůl zdvižné převodovky

Návrh zdvižného mechanismu

Stůl bude uchycen na kuličkovém lineárním vedení. Zdvih stolu bude realizován přes zdvižnou převodovku. Pro delší životnost a vyšší rychlosti bude použit kuličkový šroub. Posun bude vykonávat matice.

Výpočet zdvižná převodovka



Obr. 24 Uchycení zdvižné převodovky [8]

Síla působící při zdvihu ($m_2 = 50 \text{ kg}$)

$$F_2 = m_2 \cdot g$$

$$F_2 = 50 \cdot 9.81$$

$$F_2 = \underline{490,5 \text{ N}}$$

m_2 - nosnost zdvižné převodovky [kg]

Moment setrvačnosti zdvižné převodovky ($sf_2 = 3 [1]$, $h_1 = 407 \text{ mm}$, $E_p = 210\,000 \text{ MPa}$)

$$J_2 = \frac{F_2 \cdot sf_2 \cdot (h_1 \cdot 0.7)^2}{\pi^2 \cdot E_p}$$

$$J_2 = \frac{490.5 \cdot 3 \cdot (407 \cdot 0.7)^2}{\pi^2 \cdot 210\,000}$$

$$J_2 = \underline{57,63 \text{ mm}^4}$$

sf_2 – bezpečnostní koeficient [1]

h_1 – výška zdvihu [mm],

E_p – modul pružnosti oceli [MPa]

Průměr šroubu

$$d_s = \sqrt[4]{\frac{J_2 \cdot 64}{\pi}}$$

$$d_s = \sqrt[4]{\frac{57,63 \cdot 64}{\pi}}$$

$$d_s = \underline{\underline{5,85 \text{ mm}}}$$

Nejmenší kuličkový šroub pro zdvižnou převodovku má průměr 25 mm

Potřebné otáčky motoru zdvižné převodovky ($v_2 = 0.6 \text{ m/s}$, $d_{sk} = 25 \text{ mm}$)

$$n_{p2} = \frac{60 \cdot v_2}{\pi \cdot \frac{d_{sk}}{1000}}$$

$$n_{p2} = \frac{60 \cdot 0.6}{\pi \cdot \frac{25}{1000}}$$

$$n_{p2} = \underline{\underline{458 \text{ ot/min}}}$$

v_2 – rychlost zdvihu [m/s]

d_{sk} – zvolený průměr šroubu [mm]

Převodový poměr zdvižné převodovky ($n_m = 3000 \text{ ot/min}$)

$$i_{p2} = \frac{n_m}{n_{p2}}$$

$$i_{p2} = \frac{3000}{458}$$

$$i_{p2} = \underline{\underline{6,5 [1]}}$$

n_m – zvolené otáčky motoru [ot/min]

Podle katalogu zdvižných převodovek, volím převodový poměr $i = 4 [1]$

Výpočet stoupání závitu kuličkového šroubu

$$P_h = \frac{60 \cdot v_2 \cdot i_{p2}}{n_m}$$

$$P_h = \frac{60 \cdot 0,6 \cdot 4}{3000}$$

$$P_h = \underline{\underline{0,048 \text{ m} = 48 \text{ mm}}}$$

Podle katalogu volím zdvižnou převodovku Z-10-RN s kuličkovým šroubem KGT25x50mm od firmy Zimm. Pracovní zdvih převodovky 407 mm.



Obr. 25 Zdvižná převodovka Zimm [25]

Potřebný krouticí moment motoru zdvižné převodovky ($\eta_{gea} = 0,84$ [1], $\eta_{screw} = 0,9$ [1] ,
 $M_{z1} = 0,26 \text{ N} \cdot \text{m}$)

$$M_{Gz} = \frac{F_2 \cdot P_h}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_{gea} \cdot \eta_{screw} \cdot i_{p2}} + M_{z1}$$

$$M_{Gz} = \frac{490,5 \cdot 50}{2000 \cdot \pi \cdot 0,84 \cdot 0,9 \cdot 4} + 0,26$$

$$M_{Gz} = \underline{\underline{1,55 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

η_{gea} – účinnost převodovky [1]

η_{screw} - účinnost kuličkového šroubu [1],

M_{z1} = moment zdvižné převodovky [$\text{N} \cdot \text{m}$]

Krouticí moment s bezpečnostním koeficientem ($sf_3 = 1.8$ [1])

$$M_R = M_{GZ} \cdot sf_3$$

$$M_R = 1,55 \cdot 1,8$$

$$M_R = \underline{2,79 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

sf_3 - bezpečnostní koeficient [1]

potřebný výkon motoru zdvižné převodovky

$$P_{m2} \frac{M_R \cdot n_m}{9550}$$

$$P_{m2} \frac{2,79 \cdot 3000}{9550}$$

$$P_{m2} = \underline{0,88 \text{ kW}}$$

Skutečná rychlost zdvižné převodovky

$$v_3 = \frac{n_m \cdot \frac{P_h}{1000}}{60 \cdot i_{p2}}$$

$$v_3 = \frac{3000 \cdot \frac{50}{1000}}{60 \cdot 4}$$

$$v_3 = \underline{0,625 \text{ m/s}}$$

Volím servomotor Kollmorgen AKM42G



Obr. 26 Servomotor Kollmorgen [24]

Výpočet lineárního vedení

Síla působící na vozík ($m_2 = 50 \text{ kg}$, $s_1 = 0,3 \text{ m}$, $h_2 = 0.01 \text{ m}$)

$$F_3 = F_4$$

$$F_3 = \frac{m_2 \cdot g \cdot s_1}{h_2}$$

$$F_3 = \frac{15 \cdot 9,81 \cdot 0,3}{0.01}$$

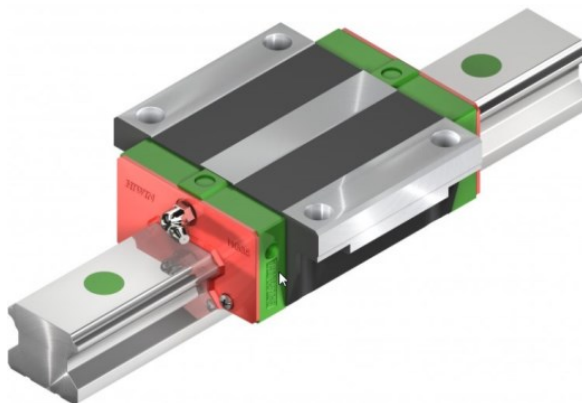
$$F_3 = \underline{\underline{4414 \text{ N}}}$$

m_2 – hmotnost břemene [kg]

h_2 – výška působení od vozíku síly [m]

s_1 – vzdálenost působení síly [m]

Podle výsledného zatížení volím od společnosti HIWIN vozík HGW 20SC. Vozík bude osazen na kolejnice o velikosti 20 mm.



Obr. 27 Lineární kuličkové vedení HIWIN [26]

Koeficient bezpečnosti při statickém zatížení ($C_0 = 16110 \text{ N}$)

$$sf_4 = \frac{C_0}{F_3}$$

$$sf_4 = \frac{16110}{4414}$$

$$sf_4 = \underline{\underline{3,6}} [1]$$

C_0 - statická únosnost vozíku [N]

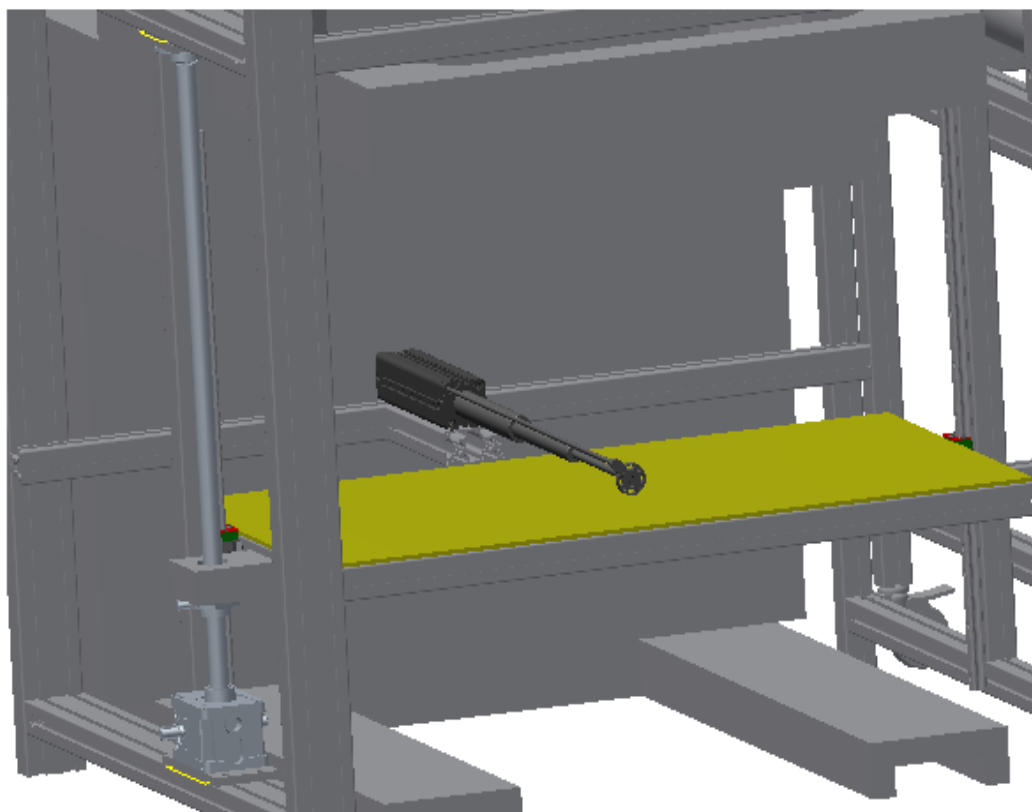
Výpočet nominální životnosti ložiskového domku ($C_{dyn} = 12190 \text{ N}$)

$$L_n = \left(\frac{C_{dyn}}{F_3} \right)^3 \cdot 50000$$

$$L_n = \left(\frac{12190}{4414} \right)^3 \cdot 50000$$

$$L_n = \underline{\underline{1053135 \text{ m}}}$$

C_{dyn} - dynamická únosnost vozíku [N]



Obr. 28 Zdvíhací převodovka s lineárním vedením a pohyblivým stolem

4.5.Návrh odsunutí na další stůl

Při dokončení opáskování nám zůstanou na pohyblivém stole opáskované nádoby. Tyto nádoby musí být odsunuty na jiný stůl, aby mohl být znovu započat cyklus opáskování. Komponent musí být schopný odsunout nádoby o hmotnosti 10 kg do vzdálenosti 550 mm. Maximální délka komponentu nesmí přesáhnout 310 mm.

Výpočet válce

Potřebná síla k odsunutí nádobek ($m_3 = 10 \text{ kg}$, $f_d = 0,15$ [1])

$$F_5 = (m_3 \cdot g \cdot f_d)$$

$$F_5 = (10 \cdot 9.81 \cdot 0,15)$$

$$F_5 = \underline{14,8 \text{ N}}$$

m_3 – hmotnost opáskovaných nádobek [kg]

f_d = koeficient tření mezi nádobkami a deskou [1]

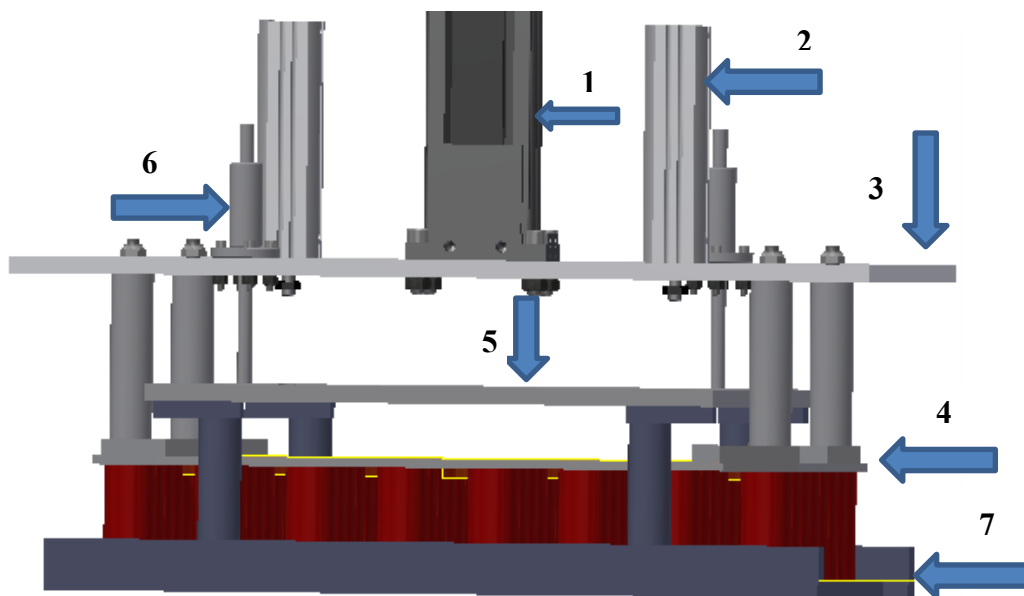
Pro odsunutí jsem zvolil pneumatický válec. Z důvodu malého prostoru pod páskovacím strojem jsem umístil místo klasického válce teleskopický. Tento válec má 3 stupně vysunutí. Maximální potřebná délka vysunutí je 600 mm a tlačná síla 120 N.



Obr. 29 Třístupňový teleskopický válec [44]

4.6. Sejmutí nádobek z trnové desky

Při přesouvání nádobek z pásového dopravníku na páskovací stůl je použita trnová deska. Trny se zasunou do hrdla nádobek a přichytí je na desku. Rameno desku přesune nad páskovací stroj a dojde k opáskování. Po dokončení opáskování musí být nádobky sundány z trnové desky. Na sundavací mechanismus budou využity dvě kuličková pouzdra a dva pneumatické válce. Na pohyblivém ramenu bude upevněna hlavní upínací deska, na které budou uchyceny pneumatické válce s kuličkovými pouzdry. Pod hlavní deskou bude pohyblivá deska, na které jsou vodící tyče. Ty se zasunou do kuličkových pouzder a pohyblivá deska se uchytí na pneumatické válce. Pod pohyblivou deskou bude trnová deska, která je uchycena na hlavní desce. Mezi trny je sundavací mechanismus, který se uchytí na pohyblivou desku. Při pohybu hydraulických válců budou nádobky sundány z trnové desky.



Obr. 30 Sundavací mechanismus

- 1) Rameno víceosého systému ELZI 60
- 2) Pneumotor
- 3) Hlavní upínací deska
- 4) Trnová deska
- 5) Pohyblivá upínací deska
- 6) Kuličková pouzdra
- 7) Sundavací mechanismus

Výpočet pneumotoru pro sundavací mechanismus

Potřebná síla k sundání nádobek ($m_4 = 20 \text{ kg}$, $f_t = 0,15$ [1])

$$F_6 = (m_4 \cdot g \cdot f_t)$$

$$F_6 = (20 \cdot 9.81 \cdot 0.15)$$

$$F_6 = \underline{\underline{29,43 \text{ N}}}$$

m_4 - hmotnost nádobek a sundavací desky [kg]

f_t - koeficient tření mezi nádobkou a trnem [1]

Obsah pneumotoru ($a_n=0,2 \text{ m}$, $P_1=0,5 \text{ Pa}$)

$$S_1 = \frac{F_6 \cdot (1 + a_n)}{P_1 \cdot 10^6}$$

$$S_1 = \frac{29,43 \cdot (1 + 0,2)}{0,5 \cdot 10^6}$$

$$S_1 = \underline{\underline{7,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}}$$

a_n - součinitel procenta přídatku na třecí sílu [m]

P_1 - přetlak [Pa]

Průměr pneumotoru

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,1 \cdot 10^{-5}}{\pi}}$$

$$D_p = \underline{\underline{0,0095 \text{ m} = 9,5 \text{ mm}}}$$

Z důvodu, že vysunutí pneumatického válce je 100 mm a píst o průměru 10mm má maximální vysunutí 50 mm, musím zvolit píst o průměru 16 mm

Skutečná síla pneumotoru při vysouvání ($P_{1abs}=0,55$ MPa, $D_{p1}=0,016$ m,

$$d_{p1} = 0,006 \text{ m, } P_{bar} = 0,1 \text{ MPa})$$

$$F_{usk} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot [P_{1abs} \cdot D_{p1}^2 - P_{bar} \cdot (D_{p1}^2 - d_{p1}^2)]$$

$$F_{usk} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot [0,55 \cdot 10^6 \cdot 0,016^2 - 0,1 \cdot 10^6 \cdot (0,016^2 - 0,006^2)]$$

$$F_{usk} = \underline{\underline{93,3 \text{ N}}}$$

P_{1abs} – Absolutní tlak [Pa]

P_{bar} – Barometrický tlak [Pa]

D_{p1} – průměr pístu [m]

d_{p1} – průměr pístnice [m]

Kontrola pneumotoru

$$F_{sk} \geq F_5$$

$$93,3 \geq 29,43$$

Kontrola pístnice na vzpěr

Moment setrvačnosti pístu

$$J_3 = \frac{\pi \cdot d_{p1}^4}{64}$$

$$J_3 = \frac{\pi \cdot 0,006^4}{64}$$

$$J_3 = \underline{\underline{6,36 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4}}$$

Redukovaná délka ($L_2 = 0,1$ m)

$$l_{red} = 2 \cdot L_2$$

$$l_{red} = 2 \cdot 0,1$$

$$l_{red} = \underline{\underline{0,2 \text{ m}}}$$

L_2 – délka pístnice [m]

Kritická síla pneumotoru

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E_p \cdot J_3}{4 \cdot l_{red}^2}$$

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 6,36 \cdot 10^{-11}}{4 \cdot 0,2^2}$$

$$F_{kr} = \underline{164,8 \text{ N}}$$

Přípustná kritická síla pneumotoru ($sf_5 = 4 [1]$)

$$F_{krdov} = \frac{F_{kr}}{sf_5}$$

$$F_{krdov} = \frac{164,8}{4}$$

$$F_{krdov} = \underline{41,2 \text{ N}}$$

sf_5 - koeficient bezpečnosti [1]

Kontrola

$$F_{KRdov} \geq F_u$$

$$41,2 \geq 29,43$$

Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus

Objem vzduchu při vysouvání pístnice

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_{p1}^2}{4} \cdot L_2$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \cdot 0,1$$

$$V_1 = \underline{2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3}$$

Objem vzduchu při zasouvání pístu

$$V_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{p1}^2 - d_{p1}^2) \cdot L_2$$

$$V_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0.016^2 - 0.006^2) \cdot 0,1$$

$$V_2 = \underline{1,73 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3}$$

Objem vzduchu na jeden pracovní cyklus

$$V_c = V_1 + V_2$$

$$V_c = 2 \cdot 10^{-5} + 1,73 \cdot 10^{-5}$$

$$V_c = \underline{3,73 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočtený na normální stav

$$V_{Nc} = V_c \cdot \frac{P_{1abs}}{P_{bar}}$$

$$V_{Nc} = 3,73 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,55 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6}$$

$$V_{Nc} = \underline{2,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

Volím C(D)85 kruhový válec (ISO 6432), dvojčinný, jednostranná pístnice, standardní provedení o průměru pístnice 16 mm.



Obr. 31 Pneumotor [28]

4.7. Návrh dopravníkového stolu

Stůl se bude skládat ze dvou dopravníků. Na první dopravník se přemístí proložka z palety a sesunou se nádoby na dopravník. Postupně se budou nádoby posouvat na druhý dopravník. Minimální velikost dopravníku je určena dle velikosti palety. Mezi dopravníky bude přechodová lišta. Druhý dopravník bude seskupovat nádoby do požadovaného tvaru. Když se nádoby seskupí, budou přemístěny na páskovací stroj. Rychlosti dopravníků budou nastavitelné. Dopravníkový stůl bude oddělitelný od páskovacího stroje a bude na kolečkách pro snadnou manipulaci. První dopravník bude mít rozměry 1400 x 900 mm a druhý 1600 x 900 mm.

Výpočet prvního dopravníku

Obsah podstavky nádoby ($r_n=17,5$ mm)

$$S_n = \pi \cdot r^2$$

$$S_n = \pi \cdot 17,5^2$$

$$S_n = \underline{963 \text{ mm}^2}$$

r_n - poloměr nádoby [mm]

Plocha palety ($a_p=1200$ mm, $b_p=800$ mm)

$$S_p = a_p \cdot b_p$$

$$S_p = 1200 \cdot 800$$

$$S_p = \underline{960000 \text{ mm}^2}$$

a_p - délka palety [mm]

b_p - šířka palety [mm]

Maximální počet nádobek na jednom patře palety (bez mezer mezi nádobkami)

$$k = \frac{S_p}{S_n}$$

$$k = \frac{960000}{963}$$

$$k = \underline{\underline{997 \text{ ks}}}$$

Hmotnost nádobek na jednom patře ($m_{1n}=10\text{g}$)

$$m_n = m_{1n} \cdot k$$

$$m_n = 10 \cdot 997$$

$$m_n = \underline{\underline{9970 \text{ g} = 9,97 \text{ kg}}}$$

m_{1n} -hmotnost jedné nádoby [kg]

Hmotnost nádobek na jednom metru

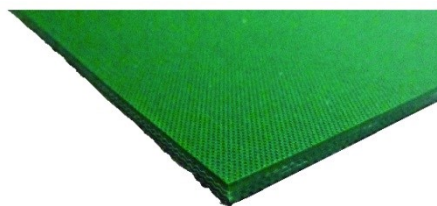
$$q = \frac{m_n}{\frac{a_p}{1000}}$$

$$q = \frac{9,97}{\frac{1200}{1000}}$$

$$q = \underline{\underline{8,3 \text{ kg}}}$$

Dopravní pás volím FLEXAM EM 8/2 0 + 04 ZELENÝ AS FG

Počet vrstev	2 [1]
Tloušťka	1,9 [mm]
Plošná hmotnost	2,1 [kg/m ²]



Obr. 9 Pás dopravníku [11]

Koeficienty tření

Ocelový buben	0,15[1]
Ocelový buben s protiskluzovým povrchem	0,35[1]
Kluzná podložka s povrch. úpravou plechu	0,15[1]
Kluzná podložka z nerezového plechu	0,2 [1]
Kluzná podložka z tvrzeného plastu	0,25[1]
Kluzná podložka z tvrdého dřeva	0,3 [1]

Hmotnost jednoho metru pásu ($m_p=2,1 \text{ kg/m}^2$)

$$m_{pa} = m_p \cdot b_{pas}$$

$$m_{pa} = 2,1 \cdot 0,9$$

$$m_{pa} = \underline{1,89 \text{ kg/m}^2}$$

m_p - měrná hmotnost jednoho metru pásu [kg/m^2]

b_{pas} – šířka pásu

Síla potřebná k překonání pohybových odporů ($f_p = 0,2 [1]$, $a_{pas2}=1,4 \text{ m}$)

$$F_7 = f_p \cdot a_{pas} \cdot g \cdot (q + 2 \cdot m_{pa})$$

$$F_7 = 0,2 \cdot 1,4 \cdot 9,81 \cdot (8,3 + 2 \cdot 1,89)$$

$$F_7 = \underline{33,2 \text{ N}}$$

f_p – koeficient tření pásu a desky pod pásem [1]

a_{pas} – délka pásu [m]

Odpor setrvačných sil při nakládání ($v_4=0,12 \text{ m/s}$, $v_0 = 0 \text{ m/s}$)

$$F_n = q \cdot v_4 \cdot (v_4 - v_0)$$

$$F_n = 9,3 \cdot 0,12 \cdot (0,12 - 0)$$

$$F_n = \underline{0,13 \text{ N}}$$

v_4 – rychlost dopravníku [m/s]

v_0 – počáteční rychlost dopravníku [m/s]

Odpor pásu v ohybu na bubnu ($F_z = 100 \text{ N}$, $D_b = 0,08 \text{ m}$, $t_p = 0,0019 \text{ m}$)

$$F_b = 9 \cdot b_{pas} \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_z}{b_{pas}} \right) \cdot \frac{t_p}{D_b}$$

$$F_b = 9 \cdot 0,9 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{100}{0,9} \right) \cdot \frac{0,0019}{0,08}$$

$$F_b = \underline{\underline{27,14 \text{ N}}}$$

F_z – teoretická obvodová síla [N]

D_b – průměr bubnu dopravníku [m]

t_p – tloušťka pásu [m]

Přídavné a vedlejší odpory dopravníku ($k_b = 1 \text{ ks}$)

$$F_{pr} = F_n + k_b \cdot F_b$$

$$F_{pr} = 0,13 + 1 \cdot 27,14$$

$$F_{pr} = \underline{\underline{27,27 \text{ N}}}$$

k_b – počet nepoháněných bubnů [ks]

Obvodová síla na hnacím bubnu

$$F_8 = F_7 + F_{pr}$$

$$F_8 = 33,2 + 27,27$$

$$F_8 = \underline{\underline{60,47 \text{ N}}}$$

Potřebný výkon motoru dopravníku ($\eta_t = 1 [1]$)

$$P_{pas} = \frac{F_8 \cdot v_4}{\eta_t}$$

$$P_{pas} = \frac{60,47 \cdot 0,12}{1}$$

$$P_{pas} = \underline{\underline{7,25 \text{ W}}}$$

η_t – teoretická účinnost [1]

Volím elektromotor Siemens 1LA7060-4AB o výkonu 0.12kW a 1350ot/min. Jmenovitý moment motoru je 0,84 N·m.



Obr. 32 Elektromotor Siemens [29]

Převodový poměr dopravníku ($n_{mp} = 1350$ ot/min)

$$i_{p3} = \frac{n_{mp}}{60 \cdot v_4} \cdot \pi \cdot D_b$$

$$i_{p3} = \frac{1350}{60 \cdot 0,12} \cdot \pi \cdot 0,08$$

$$i_{p3} = \underline{\underline{47.12}} [1]$$

n_{mp} - otáčky motoru dopravníku [ot/min]

Volím šnekovou převodovku CM026 s převodovým poměrem $i = 60$ [1] a s účinností 53%.



Obr. 33 Šneková převodovka [10]

Kontrola výkonu motoru ($\eta_{ps} = 0,53$ [1])

$$P_{pas} = \frac{F_8 \cdot v_4}{\eta_{ps}}$$

$$P_{pas} = \frac{60,47 \cdot 0,12}{0,53}$$

$$P_{pas} = \underline{\underline{13,69 \text{ W}}}$$

η_{ps} - účinnost šnekové převodovky [1]

Kontrola výkonu

$$P_{pas} < P_{z1}$$

$$13,69 \text{ W} < 120 \text{ W}$$

P_{z1} – výkon zvoleného motoru [W]

Kontrola na rozběh pásu

$$M_p = F_8 \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta_{ps} \cdot i_{p3}}$$

$$M_p = 60,47 \cdot 0,5 \cdot 0,08 \cdot \frac{1}{0,53 \cdot 60}$$

$$M_p = \underline{\underline{0,076 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

$$M_p < M_{m2}$$

$$0,076 < 0,84$$

Výpočet druhého dopravníku

Síla potřebná k překonání pohybových odporů ($f_p = 0,2$ [1] , $a_{pas2}=1,6$ m)

$$F_9 = f_p \cdot a_{pas2} \cdot g \cdot (q + 2 \cdot m_{pa})$$

$$F_9 = 0,2 \cdot 1,6 \cdot 9,81 \cdot (8,3 + 2 \cdot 1,89)$$

$$F_9 = \underline{37,9 \text{ N}}$$

a_{pas2} – délka pásu

Obvodová síla na hnacím bubnu

$$F_{10} = F_9 + F_{pr}$$

$$F_{10} = 37,9 + 27,27$$

$$F_{10} = \underline{65,17 \text{ N}}$$

Potřebný výkon motoru dopravníku ($\eta_t=1$ [1])

$$P_{pas} = \frac{F_{10} \cdot v_4}{\eta_t}$$

$$P_{pas} = \frac{65,17 \cdot 0,12}{1}$$

$$P_{pas} = \underline{7,8 \text{ W}}$$

Volím elektromotor Siemens 1LA7060-4AB o výkonu 0.12kW a 1350ot/min. Jmenovitý moment motoru je 0,84 N·m.



Obr. 34 Elektromotor Siemens [29]

Převodový poměr dopravníku ($n_{mp} = 1350$ ot/min)

$$i_{p3} = \frac{n_{mp}}{60 \cdot v_4} \cdot \pi \cdot D_b$$

$$i_{p3} = \frac{1350}{60 \cdot 0,12} \cdot \pi \cdot 0,08$$

$$i_{p3} = \underline{47,12} [1]$$

n_{mp} - otáčky motoru dopravníku [ot/min]

Volím šnekovou převodovku CM026 s převodovým poměrem $i = 60$ [1] a s účinností 53%.



Obr. 35 Šneková převodovka [10]

Kontrola výkonu motoru ($\eta_{ps} = 0,53$ [1])

$$P_{pas} = \frac{F_{10} \cdot v_4}{\eta_{ps}}$$

$$P_{pas} = \frac{65,17 \cdot 0,12}{0,53}$$

$$P_{pas} = \underline{14,75 \text{ W}}$$

Kontrola výkonu

$$P_{pas} < P_{z1}$$

$$14,75 \text{ W} < 120 \text{ W}$$

Kontrola na rozběh pásu

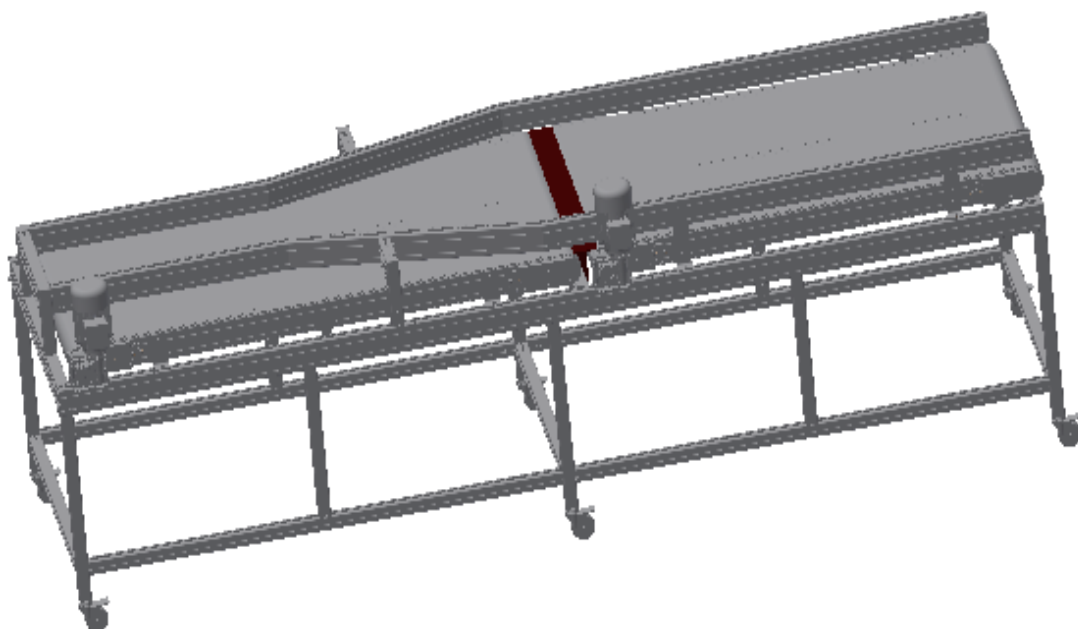
$$M_p = F_{10} \cdot 0,5 \cdot D_b \cdot \frac{1}{\eta_{ps} \cdot i_{p3}}$$

$$M_p = 65,17 \cdot 0,5 \cdot 0,08 \cdot \frac{1}{0,53 \cdot 60}$$

$$M_p = \underline{0,082 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

$$M_p < M_{m2}$$

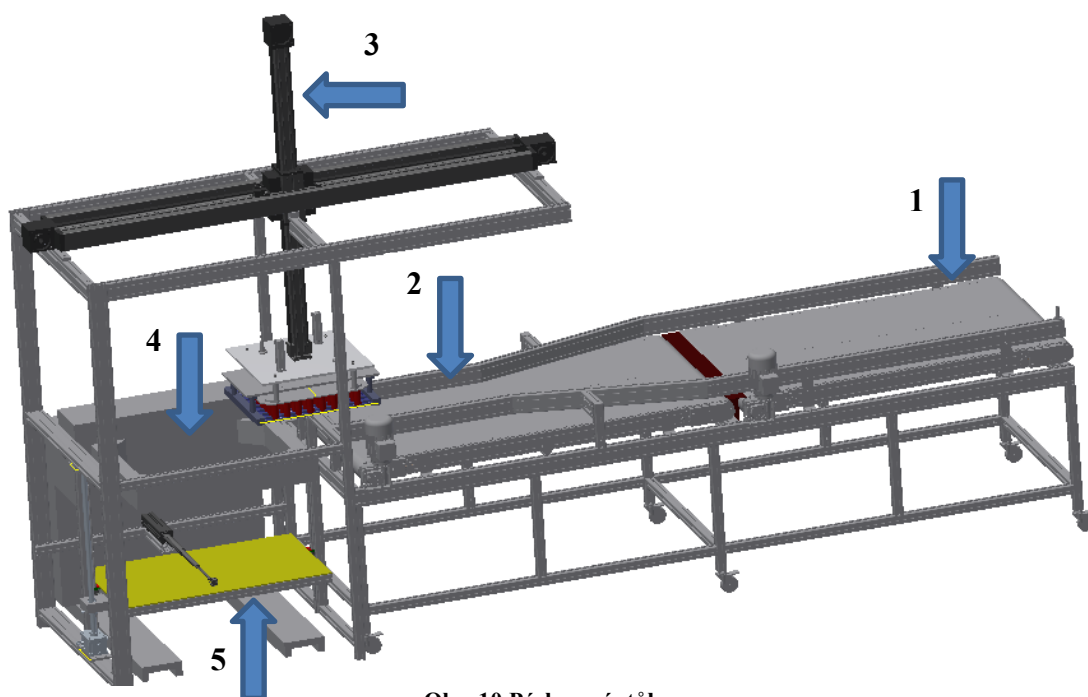
$$0,082 < 0,84$$



Obr. 36 Stůl s dopravníky

5. Postup při páskování aerosolových nádobek

- První dopravník bude ovladatelný samostatně tlačítkem, na tento dopravník bude přesouván materiál z palety. (1)
- Z prvního dopravníku budou lahvičky dopraveny na druhý, který bude už ovládaný celkově s pohyblivým ramenem, na druhém dopravníku se lahvičky uspořádají do určitého tvaru.(2)
- Zmáčkne se tlačítko, dopravník se zastaví a začne sjíždět rameno. (3)
- Rameno nabere lahvičky na trnovou desku a vyjede do požadované výšky k přesunu. (3)
- Nastane přesun nad páskovací stroj. Rameno pojede směrem dolů na pozici pro opáskování a začne první opáskování.(3),(4)
- Pak se zároveň posune zdvižný mechanismus (na němž bude uchycen stůl) s ramenem směrem dolů a podruhé opáskuje nádoby. (5)
- Pneumatika sundá lahvičky z desky na stůl a rameno se vrátí do výchozí polohy, (5)
- Stůl se posune na spodní pozici, kde teleskopický píst odsune opáskované nádoby na další pracoviště. (5)
- Pak může začít další cyklus.



Obr. 10 Páskovací stůl

6. Cenová nabídka stolu pro páskování aerosolových nádobek

U návrhu stolu pro páskování aerosolových nádobek jsem měl za úkol stanovit jeho celkovou přibližnou cenu. Při sestavování cenové nabídky jsem čerpal z internetu a nabídek firem specializujících se na různé komponenty, které jsou součástí stroje.

Materiál	Počet	Cena	Měna
Rám stroje	1	21 300	Kč
Systém ELZI			
Lineární polohovací systém ELZI 60	1	146 597	Kč
Motor adaptér	2	6 696	Kč
AKM servomotor - typ AKM32E	2	37 576	Kč
Přímá planetová převodovka AE070	2	3 464	Kč
Digitální stereo zesilovač	2	35 868	Kč
Hybridní 1-kabelový propojovací kabel	2	7 290	Kč
Přípojný materiál + pružné spojky		6 914	Kč
Sundavací mechanismus trnové desky	1	10 256	Kč
Zdvíhací převodovka			
Zdvíhací převodovka řady Z	1	41 879	Kč
AKM servomotor - typ AKM42G	1	20 815	Kč
Digitální stereo zesilovač	1	22 168	Kč
Hybridní 1-kabelový propojovací kabel	1	3 645	Kč
Lineární vedení HIWIN	1	9 235	Kč
Válec dvojčinný teleskopický 3 stupně příruba	1	8 697	Kč
Přípojný materiál + pružné spojky		2 548	Kč
Stůl s dopravníky	1	170 000	Kč
Elektroinstalace	1	263 600	Kč
Přibližná celková cena		845 548 Kč	

7. Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval konstrukčním návrhem stolu pro páskování aerosolových nádobek. Před návrhem celého stroje bylo upřesněno, co vše linka musí zvládnout. První jsem navrhl rám stroje, který bude zhotoven z hliníkových profilů, protože mají dobré fyzikální vlastnosti a mají malou hmotnost. Díky nízké hmotnosti bude celý stroj dobře přemístitelný. Dále jsem si zvolil víceosý systém, který je poháněn řemenovým převodem. Díky řemenovému pohonu je tento systém schopný dosáhnout vysokých rychlostí posuvu a malé hlučnosti při chodu. Pak jsem navrhl pohyblivý stůl, na který budou umístěny opáskované nádoby, a zároveň bude přidržovat nádoby při opáskování. Stůl je uchycen na kuličkovém lineárním vedení a zdvih je zajištěn zdvižnou převodovkou. Zdvižná převodovka bude mít kuličkový šroub, aby se zvýšila životnost stroje při častém využití. Ke stroji bude připojitelný dopravníkový stůl, který bude zajišťovat přísun a uspořádání nádobek do požadovaného tvaru. Při využití na starších linkách, bude stroj připojen k dopravníku, který je součástí linky na výrobu nádobek. Základem mé práce bylo zefektivnit a zabránit prostoji linek na výrobu aerosolových nádobek. Díky tomuhle stroji se zabráni zastavování nových linek při opětovném páskování dobrých nádobek a pomůže na starých linkách opáskovat lahvičky do požadovaného tvaru.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D. za věcné, praktické připomínky a odbornou konzultaci při zpracování mé práce. Dále bych rád poděkoval firmám, které mi poskytli potřebné informace pro mou práci.

8. Přílohy

- [1] STUL PRO PASKOVÁNÍ
- [2] STROJ NA PRESUN NADOBEK
- [3] RAM STROJE
- [4] PROPOJENI ZDVIH. PREVOD
- [5] UP.DESKA SROUB

9. Zdroje

1. Páskovací technika. *Wikipedie*. [Online] [Citace: 20. únor 2016.]
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1skovac%C3%AD_technika.
2. Vázací páska. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 21. únor 2016.]
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1zac%C3%AD_p%C3%A1ska.
3. Páskování. *Unipack*. [Online] [Citace: 19. únor 2016.]
Dostupné z: <http://www.unipack.cz/paskovani>.
4. Inovace v páskování papírovým a fóliovým páskem. *Penta servis*. [Online] [Citace: 29. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-inovace-v-paskovani-papirovy-a-foliovy-pasek.html>.
5. Vázací pásy. *Penta servis*. [Online] [Citace: 29. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-vazaci-pasy.html>.
6. Spoj vázací pásy. *Wikipedie*. [Online] [Citace: 17. únor 2016.]
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Spoj_v%C3%A1zac%C3%AD_p%C3%A1sky.
7. Víceosé jednotky - ELZI. *Raveo*. [Online] [Citace: 15. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2014/12/ELZI_EN.pdf.
8. Z series screw jacks | 5 kN to 1,000 kN. *Zimm Screw Jack Systems*. [Online] [Citace: 15. leden 2016.]
Dostupné z: <http://zimmscrewjacks.com/downloads/zimm-screw-jack-systems-catalogue-2015>.
9. Elektromotor SIEMENS 1LA7060-4AB, 0.12kW,1350ot. *Elektromotory Vlastimil Moravec*. [Online] [Citace: 18. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.elektromotory.net/upload/file/katalog_1la7.pdf.

-
10. ŠNEKOVÉ PŘEVODOVKY - ŘADA CM. *Raveo*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2015/02/snekove_CM_CMP_en.pdf.
11. Dopravní pásy PVC/PU. *Stzservis*. [Online] [Citace: 15. únor 2016.]
Dostupné z: <http://www.stzservis.cz/dopravni-pasy-pvc-pu.aspx>.
12. Ruční pásovačka RM-E. *Penta servis*. [Online] 2016. [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-rucni-paskovacka-rm-e.html>.
13. Ruční pásovačky P-330. *Penta servis*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-kategorie-rucni-paskovacky-4.html>.
14. Bezesponkové páskování . *Penta servis*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-bezesponkove-paskovani.html>.
15. PP vázací páska RAJASTRAP. *Rajapack*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.rajapack.cz/lepici-pasky-paskovani-uzaver-obalu/vazaci-pasky-paskovani/pp-vazaci-paska-rajastrap_OFF_CZ_0268.html.
16. Polyesterové - Pet vázací pásy. *Technology*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.technology.cz/obaly/vazaci-pasky-pro-zajisteni-kartonu-nebo-palet/polyesterove-pet-vazaci-pasky/>.
17. Polyesterová vázací páska RAJASTRAP. *Rajapack*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.rajapack.cz/lepici-pasky-paskovani-uzaver-obalu/vazaci-pasky-paskovani/polyesterova-vazaci-paska-rajastrap_PDT01465.html.
18. Vázací pásy PES (PP) a spony. *Obal EXPERT*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.obal-expert.cz/vazaci-pasky-pes-pp-a-spony/>.

19. Papírová páska 7030150PB. *Unipack*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.unipack.cz/papirova-paska-7030150pb>.
20. Vázací pásy. *Penta servis*. [Online] [Citace: 14. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-vazaci-pasky.html>.
21. Ocelové vázací pásy, 16 mm, tloušťka 0,5 mm, bez pokovu, 19 kg. *Vybavení firem*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.vybaveni-firem.cz/ocelove-vazaci-pasky-16-mm-tloustka-05-mm-bez-pokovu-19-kg-p1015012>.
22. Víceosé jednotky- ELZI. *Raveo*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.raveo.cz/viceose-jednotky-ELZI>.
23. 1000 plastic gespen voor omsnoeringsband. *KGL racing*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: http://kglracing.com/shop/index.php?main_page=popup_image&pID=112165.
24. AKM SERVOMOTORY. *Raveo*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.raveo.cz/AKM-servomotory>.
25. Zdvižné převodovky ZIMM - Z série. *Raveo*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: <http://www.raveo.cz/zdvizne-prevodovky-ZIMM-Z-serie>.
26. HGW - přírubový vozík. *HIWIN*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.]
Dostupné z: http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg/18_hgw.
27. Přímé planetové převodovky Apex Dynamics - řada AE. *Raveo*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.raveo.cz/apex-AE>.

28. C(D)85, ISO Standard Cylinder, Double Acting, Single Rod. *SMC*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.] Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_product_configurator.jsp?dc_product_id=133500.
29. Elektromotor SIEMENS 1LA7073-6AA11, 0.25kW, 850ot, 3F. *LG system*. [Online] [Citace: 13. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.lgsystem.cz/eshop/elektrokomponenty/motory/elektromotor-siemens-1la7073-6aa11-0-25kw-850ot-3f/>.
30. PVC - pásy. *Transportní technika Tůma s.r.o.* [Online] [Citace: 14. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.tttuma.cz/files/TECHNICK%C3%89%20LISTY/flexam8.pdf>.
31. Speciální páskovací stroje. *Penta servis*. [Online] [Citace: 20. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-kategorie-specialni-paskovaci-stroje.html>.
32. Páskovací stroj PR99. *Penta servis*. [Online] [Citace: 18. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-paskovaci-stroj-pr99.html>.
33. Páskovací stroj PENTA ST1. *Penta servis*. [Online] [Citace: 18. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-paskovaci-stroj-penta-st1.html>.
34. Páskovací stroj TP-400. *Penta servis*. [Online] [Citace: 20. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-paskovaci-stroj-tp-400.html>.
35. Páskovací stroj SP-92. *Penta servis*. [Online] [Citace: 15. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-paskovaci-stroj-sp-92.html>.
36. Ruční páskovač STRAPEX STB-70. *Penta servis*. [Online] [Citace: 20. leden 2016.] Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/eshop-rucni-paskovac-strapex-stb-70.html>.
37. ČSN 01 6910: *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

38. LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3., dopl. vyd. Praha: Scientia, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
39. NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8.
40. J. Polák, J. Pavliska a A. Slíva, *Dopravní a manipulační zařízení*, 1. vydání editor, Ostrava: VŠB-TU, 2001.
41. POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 104 s. ISBN 80-248-0493-X.
42. KALÁB, Květoslav. 2008. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
43. Části a mechanismy strojů: části spojovací. In: *Katedra částí a mechanismu strojů* [online]. 2013 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z : <http://www.347.vsb.cz/files/kal01/skripta-castispojovaci-2014.pdf>
44. Válec 40/600 mm dvojčinný teleskopický 3 stupně příruba. *Intreatech*. [Online] [Citace: 15. leden 2016.] Dostupné z: <http://eshop.intratech.cz/valec-40-600-mm-dvojcinny-teleskopicky-3-stupne-priruba-54527.html>.